

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra energetiky

Bakalářská práce

2011

Martin Novák

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra energetiky

Využitelnost obnovitelných zdrojů energie v zemědělském
družstvu

Renewable Resources Utilization at Farm Building

Student: Novák Martin

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Nezhoda Jiří, Ph.D.

Ostrava 2011

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra energetiky

Zadání bakalářské práce

Student: **Martin Novák**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 3904R016 Technika tvorby a ochrany životního prostředí
Téma: Využitelnost obnovitelných zdrojů energie v zemědělském družstvu
Renewable Resources Utilization at Farm Building

Zásady pro vypracování:

Posuďte využití alternativních zdrojů energie pro zásobování zemědělského družstva.

Posuďte následující zdroje

- Biopalivo (biomasa z vlastní produkce)
- Solární vytápění a ohřev TV

Jednotlivé návrhy ekonomicky a environmentálně porovnejte s konvenčním způsobem zásobování teplem.
Součástí práce bude stanovení potřeby tepla pro vytápění a ohřev TV konkrétního zemědělského družstva.


Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] DIDUŠKOVÁ, M., VOTÁPEK, M. Jak investovat do úspor a šetřit vlastní kapitál, Energy Performance Contracting. SEVEN, Praha, 1995.
- [2] Kol. autorů: Audit energetického hospodářství budov. Skripta pro kurz energetických auditorů. ČEZ, a.s., RAEN, s.r.o., Praha, 1997.
- [3] Kol. autorů. Energetický audit. Metodika auditu. ČEA, Praha, 1996.
- [4] Kol. autorů. Metodika energetického auditu. ČEA, Praha, 1996.
- [5] Vyhláška č. 213/2001, kterou se vydávají podrobnosti náležitostí energetických auditů.
- [6] Zákon č. 406/2000 Sb. o hospodaření s energií.


Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jiří Nezhoda, Ph.D.**

Datum zadání: 17.12.2010
Datum odevzdání: 23.05.2011


prof. Ing. Dagmar Juchelková, Ph.D.
vedoucí katedry




prof. Ing. Radim Farana, CSc.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě: 21. 5. 2011

.....

podpis studenta

Prohlašuji, že:

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на ве́домі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užití díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požádat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́домі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: 16. 5. 2011

.....

podpis autora práce

Plné jméno autora práce: Martin Novák

Adresa trvalého pobytu autora práce: Bezuchov 72, 753 54

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

NOVÁK, M. *Využitelnost obnovitelných zdrojů energie v zemědělském družstvu : bakalářská práce.* Ostrava : VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra energetiky, 2011, 48 s. Vedoucí práce: Nezhoda, J.

Bakalářská práce se zabývá využitím obnovitelných zdrojů energie v budově zemědělského družstva. Biomasa z vlastní produkce družstva (pšenice, ječmen) nahradí stávající zdroj tepelné energie (zemní plyn). Po nahrazení jsou tyto dva zdroje mezi sebou ekonomicky a environmentálně porovnány. V další části jde o návrh ohřevu teplé vody pomocí solárních panelů. Teoretická část je zaměřena na obecný popis biomasy se zaměřením na biomasu v podobě obilovin a na úvod do problematiky sluneční energie a jejího dalšího využití.

ANNOTATION OF BACHELOR'S THESIS

NOVÁK, M. *Renewable Resources Utilization at Farm Building : bachelor's thesis.* Ostrava : VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Energetics, 2011, 48 p. Thesis head: Nezhoda, J.

This bachelor's thesis deals with a renewable resources utilization at farm building. The current source of thermal energy (natural gas) will be replaced by the biomass from own farm's production (wheat, barley). After this replace both these resources are compared to each other based on economical and environmental factors. In the next part the warm water heating is projected through the solar panels. The theoretical part contains general information about the biomass, mainly the cereals, and also some information connected with problems of the solar energy and with its next utilization.

KLÍČOVÁ SLOVA

Energie, biomasa, obilí, spalování, solární panely.

KEY WORDS

Energy, biomass, cereal, combustion process, solar panels.

SEZNAM POUŽITÝCH ZNAČEK A ZKRATEK

Seznam značek:

Značka	Veličina
CO ₂	oxid uhličitý
H ₂ O	voda
V ^{daf}	prchavá hořlavina
CH ₂ O	kyselina octová
h	hořlavina
W	voda
A	popelovina
C	uhlík
H	vodík
O	kyslík
S	síra
N	dusík
J	joule
MJ	mega joule
GJ	giga joule
TJ	tera joule
mm	milimetr
m	metr
m ²	metr čtverečný
m ³	metr krychlový
g	gram
kg	kilogram
t	tuna
ha	hektar
mt	megatuna
°C	stupně celsia
l	litr
KW	kilowatt
MW	megawatt
KWh	kilowatt hodina
MWh	megawatt hodina

Seznam zkratek:

zkratka	Vysvětlení
ČR	Česká republika
EU	Evropská unie
OZE	obnovitelné zdroje energie
ČOV	čistička odpadních vod
Kč	korun českých
cca	přibližně
TV	teplá voda
TUV	teplá užitková voda
SFŽP	státní fond životního prostředí

OBSAH

0	Úvod.....	12
1	Obnovitelné zdroje energie	13
2	Biomasa.....	14
2.1	Fytomasa	15
2.2	Vlastnosti biomasy.....	15
2.3	Složení biomasy jako paliva.....	16
2.4	Způsoby získání biomasy.....	18
3	Energetické spalování obilí	19
3.1	Rozbor obilovin	19
3.2	Rozbor stébelnin	20
3.3	Spalování obilí.....	21
3.3.1	Environmentální popis spalování obilí	21
4	Kotle na obilí	22
4.1	Obecné informace	22
4.2	Volba kotle	22
4.3	Pořizovací náklady.....	24
5	Solární energie.....	24
5.1	Možnosti využití solární energie	24
5.1.1	Pasivní solární systémy	25
5.1.2	Aktivní solární systémy	25
5.2	Základní části solárního systému.....	26
5.2.1	Konstrukce kolektoru.....	26
5.3	Instalace kolektoru.....	28
5.4	Přehled zařízení	28
5.4.1	Podle způsobu oběhu teplotnosné kapaliny	28
5.4.2	Podle počtu okruhů.....	29
6	Praktické posouzení využití alternativních zdrojů energie pro zásobování výrobní budovy zemědělského družstva	30
6.1	Úvodem.....	30
6.2	Popis zemědělského družstva.....	30

6.3	Popis zkoumaného objektu	31
6.3.1	Základní informace	31
6.3.2	Urbanistické řešení	31
6.4	Potřeba tepla	33
6.5	Porovnání vytápění	33
6.5.1	Nynější vytápění objektu	33
6.5.2	Navrhované vytápění	34
6.6	Ekonomické porovnání	35
6.6.1	Nynější vytápění	35
6.6.2	Navrhované vytápění	35
6.7	Návratnost	37
7	Návrh solárních panelů pro ohřev teplé Užitkové vody	38
7.1	Vstupní údaje	38
7.1.1	Nynější zařízení pro ohřev TUV	38
7.2	Navrhovaný způsob ohřevu TUV	38
7.3	Výpočty určené k potřebě tepla	39
7.3.1	Určení hmotnosti vody pro měsíční spotřebu šesti osob	39
7.3.2	Výpočet měsíčních potřeb tepla pro přípravu TV	39
7.3.3	Do výpočtu zahrnujeme ztráty při přípravě TV 15 % => $\eta = 0,85$	39
7.3.4	Stanovení množství skutečného slunečního záření dopadajícího na plochu dané orientace	40
7.4	Volba typu kolektoru	40
7.4.1	Popis kolektoru	41
7.5	Stanovení průměrné účinnosti kolektoru v jednotlivých měsících	42
7.5.1	Výpočet součinitele A	42
7.5.2	Stanovení účinnosti kolektoru	43
7.6	Stanovení měrného tepelného zisku kolektoru	44
7.7	Návrh měsíce s rovnovážnou energetickou bilancí	45
7.8	Návrh počtu m ² kolektorové plochy	45
7.8.1	Návrh počtu kolektorů	46
7.9	Určení energetické bilance pro jednotlivé měsíce	46

7.9.1	Stanovení skutečného celoročního zisku solárního systému (přebytky nejsou využívány).....	48
7.9.2	Výpočet měrného celoročního zisku solárního systému vztaženo na 1 m ² plochy kolektoru.....	48
8	Závěr	49
9	Seznam použité literatury.....	52

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obrázek 1: Obnovitelné zdroje energie [8].....</i>	<i>13</i>
<i>Obrázek 2: Zásobování šnekovým dopravníkem [8].....</i>	<i>23</i>
<i>Obrázek 3: Schéma rozdělení možností využití solární energie</i>	<i>24</i>
<i>Obrázek 4: Výrobní hala – pohled ze dvora</i>	<i>32</i>
<i>Obrázek 5: Výrobní hala – čelní pohled</i>	<i>32</i>
<i>Obrázek 6: Kotel Dakon-GL40 EKO [9]</i>	<i>33</i>
<i>Obrázek 7: Kotel VERNER A501 [9]</i>	<i>34</i>
<i>obrázek 8: kolektor viessmann Vitosol 200-F [8]</i>	<i>41</i>
<i>Obrázek 9: Charakteristika kolektoru Viessmann</i>	<i>44</i>
<i>Obrázek 10: Energetické bilance v jednotlivých měsících</i>	<i>47</i>

SEZNAM TABULEK

<i>Tabulka 1: Využití potenciálu OZE</i>	<i>15</i>
<i>Tabulka 2: Odhad potenciálu biomasy</i>	<i>16</i>
<i>Tabulka 3: Základní složení obilovin.....</i>	<i>19</i>
<i>Tabulka 4: Výhřevnost vybraných obilovin.....</i>	<i>20</i>
<i>Tabulka 5: Odhadovaná světová produkce slámy</i>	<i>20</i>
<i>Tabulka 6: Výkupní ceny obilí.....</i>	<i>31</i>
<i>Tabulka 7: Cena krmné obiloviny.....</i>	<i>36</i>
<i>Tabulka 8: Ušetřené finanční náklady</i>	<i>36</i>
<i>Tabulka 9: Vypočtená Q_{skut} v jednotlivých měsících.....</i>	<i>40</i>
<i>Tabulka 10: Vypočtené součinitele A v jednotlivých měsících.....</i>	<i>42</i>
<i>Tabulka 11: Vypočtené účinnosti v jednotlivých měsících.....</i>	<i>43</i>
<i>Tabulka 12: Vypočtené Q_k v jednotlivých měsících</i>	<i>45</i>
<i>Tabulka 13: Energetická bilance pro jednotlivé měsíce</i>	<i>47</i>

0 ÚVOD

Tématem mé bakalářské práce je využitelnost obnovitelných zdrojů energie v zemědělském družstvu. Toto téma jsem si sám zvolil, protože mi přijde zajímavé a v dnešní době neustále rostoucích cen energií také hodně aktuální. Cílem mé práce je tedy možnost nahrazení stávajících zdrojů energie zdroji obnovitelnými.

V teoretické části práce se zaměřím na obecný popis zdroje obnovitelné energie – biomasy. Vysvětlím základní pojmy a rozdělení této alternativní možnosti získání energie. Provedu rozbor složení biomasy jako paliva. Vzhledem ke konkrétnímu zadání práce budu dále brát zřetel na biomasu v podobě obilovin a jiných polních rostlin, jejich pěstování a energetické spalování z ekonomického a environmentálního hlediska. Budu se tak věnovat kotlům na spalování obilí. V další části se zaměřím na neméně důležitou možnost získání energie ze slunce a její další využití pro průmyslové účely. Důležitou roli zde sehrají solární panely, které slouží jako zprostředkovatel této energie.

V praktické části se budu zabývat náhradou a ekonomickým porovnáním zdroje vytápění v budově zemědělského družstva spolu s navrhnutým alternativním řešením. Jako náhradní zdroj pro vytápění budu volit obilí (pšenice, ječmen) z vlastní zbytkové produkce zemědělského družstva. K ohřevu teplé vody v této budově použiji solární energii.

1 OBNOVITELNÉ ZDROJE ENERGIE

Za obnovitelné zdroje energie jsou v podmínkách České republiky považovány nefosilní přírodní zdroje energie, jako je energie vody, energie větru, slunečního záření, biomasy a bioplynu, energie prostředí využívána tepelnými čerpadly a geotermální energie.

V dnešní době mají obnovitelné zdroje energie v ČR své pevné místo. Vývoj nových technologií nám nabízí stále nové možnosti, jak zvýšit efektivitu využívání těchto zdrojů. Ve výhledu do budoucnosti se plánují velké finanční investice do rozvoje obnovitelných zdrojů energie, jak na území České republiky, tak na půdě Evropské unie. Příkladem: Evropská unie si v rámci své energetické politiky stanovila za cíl zvýšit podíl hrubé spotřeby energie z obnovitelných zdrojů na úroveň 20% do roku 2020. Proto je třeba na tento druh energií brát velký zřetel a věnovat těmto tématům náležitou pozornost.

Nezastupitelnou roli v těchto alternativních zdrojích energie zaujímá energie získaná z biomasy a energie sluneční. V mé bakalářské práci jsem se proto zaměřil na tyto dva druhy, které jsem dále podrobně rozepsal a aplikoval na konkrétním případu.

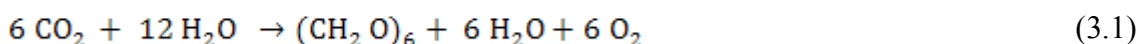


Obrázek 1: Obnovitelné zdroje energie [8]

2 BIOMASA

Biomasa je definována jako hmota organického původu. Biomasou rozumíme substanci biologického původu, vznikající vlivem fotosyntézy. Je to rostlinná biomasa rostoucí v půdě, živočišná biomasa, produkty z vedlejší organické výroby a organické odpady. Ze všech forem biomasy lze získat energii, jelikož uhlík a jeho chemické vazby, který je základem živé hmoty, obsahuje energii. Základním zdrojem biomasy jsou rostliny. Ty jsou pomocí sluneční energie schopny vytvořit sacharidy a bílkoviny.

Tuto biochemickou reakci při účasti světelné energie a chlorofylu lze schematicky znázornit:



Z pohledu využití obnovitelné energie jde na území České republiky převážně o dřevo a zbytky při zemědělské výrobě jako je sláma či vytríděný komunální odpad, který lze dále energeticky využít.

Před vlastním použitím biomasy pro energetické zařízení musí být tato většinou upravována. Metody úprav jsou různé a závisí především na požadavcích na druh a skupenství využívané hmoty. Pro pevnou formu biomasy se obvykle používá sušení, ať už přirozené nebo umělé, dále lisování, briketování, peletování atd.

Před využíváním biomasy v energetickém průmyslu je třeba zvážit, zda se bude používat jen pro výrobu tepla, nebo v kombinaci s výrobou elektrické energie. V každém případě má spalování biomasy jednu podstatnou výhodu; a to, že při jejím spalování nedochází ke znečišťování životního prostředí nadměrnou produkcí oxidu uhličitého. Stejně množství tohoto oxidu totiž rostlina spotřebuje během svého růstu.

2.1 Fytomasa

Tato kapitola byla zpracována z literatury [2]

Fytomasa je pojem používaný v souvislosti s energetickým využitím materiálu, který je rostlinného původu.

Pod tento pojem se můžou zařadit všechny organické látky rostlinného původu vznikající v přírodě během fotosyntézy. Při spalování fytomasy vzniká oxid uhličitý, který ovšem nijak výrazně nenavyšuje skleníkový efekt a to z důvodu, že rostliny za svého růstu odebírají z ovzduší CO_2 a při spalování ho opět do ovzduší vracejí.

Zbytková fytomasa jsou rostlinné zbytky vznikající při zemědělské výrobě jako je obilná sláma a dále organické zbytky průmyslu jako je mlékárenský nebo potravinářský. Fytomasa se pěstuje i záměrně z energetických plodin, jakou je například energetické obilí.

2.2 Vlastnosti biomasy

Biomasa patří mezi obnovitelné zdroje energie (OZE). Zastává důležité postavení mezi OZE ve výhledu potenciálu využití do budoucna, což nám jasně dokazuje tabulka 1.

Segment	Současné využití	Využitelný potenciál		Celkové investice	Investiční náklady
	[TJ*rok ⁻¹]	[TJ*rok ⁻¹]	[% TSPEZ]	[10 ⁶ Kč]	[Kč*GJ ⁻¹]
Biomasa	18 650	61 770	3,53	16 610	370
Odpady	1 520	3 560	0,2	25 470	12 460
Sluneční energie	140	11 500	0,66	90 360	7 960
Tepelná čerpadla	30	6 670	0,38	21 320	3 210
Větrné elektrárny	30	3 710	0,21	18 820	5 120
Malé vodní elektrárny	2 340	5 660	0,32	16 250	4 900
Velké vodní elektrárny	4 500	4 500	0,26	0	0

Tabulka 1: Využití potenciálu OZE [2]

Energeticky využívaná biomasa má hlavní výhodu v tom, že nijak závažně nepoškozuje životní prostředí. Palivo pocházející z biomasy neobsahuje skoro žádnou síru. Emise oxidu siřičitého můžeme tedy zanedbat. Zbývající škodliviny v emisích vznikající během energetického využívání fytopaliv jsou oproti škodlivinám z fosilních paliv daleko příznivější. Navíc vznikající popel lze dále využít jako hnojivo.

Z tabulky 2, která ukazuje odhad potenciálu různých druhů biomasy, je zřejmé, že největší předpokládané využití potenciálu se týká pěstování energetických rostlin.

Palivo	Zdroj	Po roce 2010		Po roce 2020	
		[Mt*rok ⁻¹]	[PJ*r ⁻¹]	[Mt*rok ⁻¹]	[PJ*r ⁻¹]
palivové dřevo	odpad z těžby a zpracování	2,6	31,2	3	36
sláma obilovin	25% celkové sklizně	1,6	22,4	1,6	22,4
sláma olejnin	100% celkové sklizně	0,9	12,2	0,9	12,2
traviny, rákos	trvalé porosty	0,8	4,8	1,2	7,2
použité dřevo	dřevní šrot, obaly	0,6	8,1	0,9	12,2
energetické rostliny	plantáže a porosty na vyčleněné půdě	0,8	8,8	4	44
bionafta	řepkový a fritovací olej	0,1	4,2	0,2	8,4
ETBE a bioetanol	z cukrovky a obilovin	-	-	0,1	4,1

Tabulka 2: Odhad potenciálu biomasy [2]

2.3 Složení biomasy jako paliva

Tato kapitola byla zpracována podle literatury [3]

V této kapitole jsem se zaměřil na složení biomasy sloužící jako palivo. Složení biomasy je, kromě organických odpadů, téměř vždy stejné. Jedinou výjimkou je obsah vody v ní obsažený.

Složení paliva se vyjádří rozborem, při němž se stanoví obsah hořlaviny, vody a popeloviny:

$$h + W + A = 1 \quad (3.2)$$

při známém elementárním složení hořlaviny můžeme vyjádřit složení paliva jako:

$$C + H + O + N + W + A = 1 \quad (3.3)$$

pokud je zadané složení paliva počítá se:

$$C^h + H^h + O^h + N^h = 1 \quad (3.4)$$

u sušiny:

$$C^d + H^d + O^d + N^d + A^d = 1 \quad (3.5)$$

Palivo se také rozděluje na aktivní a pasivní složku.

- Aktivní složka: hořlavina – je nositelem chemicky vázané energie a je tvořena zejména uhlíkem a vodíkem.
- Pasivní složka: popelovina a voda – nejsou nositeli energie, naopak energetickou hodnotu paliva snižují. Obsah vody v palivu lze alespoň snížit sušením. To má za následek zvýšení výhřevnosti biomasy.

Další významný parametr tuhých paliv je obsah prchavé hořlaviny (V^{daf}). Pod tímto názvem se skrývají hořlavé plyny, které se uvolňují při zahřátí. Platí, že čím víc prchavé

hořlaviny, čím snáze se palivo zapaluje. U biomasy se obsah pohybuje mezi 70% až 80%.

2.4 Způsoby získání biomasy

Biomasu získáváme ze zdrojů, které jsou rozděleny následovně:

- přírodní zdroje – dřeviny a dřevní odpad, kůra, sláma;
- průmyslové zdroje – odpady z průmyslových závodů jako jsou mlékárny, lihovary atd., kejda a chlévská mrva;
- komunální zdroje – komunální odpad, kaly z ČOV.

3 ENERGETICKÉ SPALOVÁNÍ OBILÍ

Tato kapitola byla zpracována podle literatury [4], [5]

Jelikož se v praktické části mé bakalářské práce věnuji porovnání současného zdroje tepla zemědělské budovy (zemní plyn) a alternativního způsobu získávání tepla pomocí biomasy v podobě obilného zrna, zaměřil jsem se v této kapitole na spalování obilí jako takového. Jeho výhody, nevýhody a vhodnost použití.

3.1 Rozbor obilovin

Obiloviny se řadí do čeledě lipnicovitých. Jsou to jednoleté i víceleté byliny. Většina druhů vytváří několik odnoží. Obiloviny jsou rostliny využívané pro svá semena (zrna). Slouží především k lidské výživě. Nadzemní část se zpracovává jako sláma. Celosvětový podíl obilovin na lidské výživě je odhadován na 60% až 70%.

Mezi nejrozšířenější obiloviny u nás i ve světě se řadí: pšenice, ječmen, oves a žito. Základní složení těchto obilovin je zaznamenáno v tabulce 3.

palivo	rozmezí	výhřevnost (MJ*kg ⁻¹)	podíl prchavé hořlaviny (%)	obsah popelovin (%)	vlhkost (%)	elementární složení				
						C (%)	H (%)	O (%)	N (%)	S (%)
obiloviny zrno+sláma	min	15,5	76	3	12	45	6	39,5	1	0,09
	max	18,5	79	5,6	25	46,6	6,9	42,6	1,8	0,2

Tabulka 3: Základní složení obilovin

V tabulce 4 jsou znázorněny výhřevnosti tří nejrozšířenějších obilovin na území České republiky, při průměrném obsahu vlhkosti.

Druh obilí	Obsah vlhkosti	Výhřevnost obilí	
	%	MJ/kg	GJ/m ³
Oves	15	14,9	8,3
Ječmen	15	14,5	10
Pšenice	15	14,1	10,6

Tabulka 4: Výhřevnost vybraných obilovin [4]

3.2 Rozbor stébelnin

Pro energetické účely se sláma obilnin, řepky a řady dalších stébelnin sklízí v létě hned po sklizni zrna a to pouze z řádků položených za sklízecí mlátičkou na relativně vysoké strniště, umožňující proschnutí během několika dnů pěkného počasí. Stébelniny se sklízí sběracími vozy nebo sběracími lisy při vlhkosti 15% až 20%. Balíky takto sesbírané slámy se ukládají většinou do polních stohů nebo do krytých skladů.

V tabulce 5 je znázorněna odhadovaná světová produkce slámy sklizená v roce 2010.

Plodina	tis. tun sušiny
Pšeničná sláma	545 000
Ječná sláma	175 000
Ovesná sláma	60 000
Žitná sláma	40 000

Tabulka 5: Odhadovaná světová produkce slámy [4]

V ČR je v současné době při předpokládaném využití čtvrtiny slámy obilnin a celého objemu slámy kukuřice, luskovin a řepky v průmyslové výrobě a v energetice k dispozici celkem 2,5 mil. tun slámy.

3.3 Spalování obilí

Za nejvhodnější obilninu z hlediska spalování je pokládán oves a žito, protože obilka je podlouhlého tvaru a proto nedochází k velkým nedopalům. Horší vlastnosti již má pšenice, ječmen, a kukuřice, kde při spalování dochází k větším nedopalům. Může se spalovat i hořčice a odpad z čištění osiva.

Tyto vypěstované produkty jsou okamžitě připravené ke spalování v automatických kotlích bez nutnosti předchozí granulace.

Spalování obilí v kotlích ústředního topení je již technologicky vyřešeno, jak ve světě, tak i u nás. Výhřevnost obilí se dá srovnat s výhřevností hnědého uhlí.

3.3.1 *Environmentální popis spalování obilí*

Z hlediska topení obilím dokáže podle odborníků tento způsob vytápění ušetřit uživateli až polovinu nákladů oproti běžnému topení ušlechtilými palivy. Na našem území je přitom obilí, které se řadí mezi standardní ekonomická paliva, permanentní nadbytek. Ke spalování se navíc může použít i obilí, které je pro jiný účel, ať už potravinářský, či krmný, nevhodné. V průměru se na území České republiky ročně vypěstuje na 2 mil. tun obilí, které se nespotřebuje. V přepočtu jde zhruba o 5 mil. MWh tepla.

Při využití obilí k vytápění lze dosáhnout mírné úspory oproti topení uhlím a až 50% úspory nákladů oproti jiným ušlechtilým palivům, jakými je třeba plyn či olej. Proto také ministerstvo průmyslu a obchodu zřídilo systém „Energeticky soběstačné obce“, nad kterým převzalo záštitu. Do budoucna se dá tedy předpokládat, že při určitém přebytku obilí na trhu, bude stále více lidí sahat po této možnosti vytápění.

Další pozitivum pro obilí je to, že zemědělci umí tuto plodinu pěstovat, jsou na ni dobře technologicky vybaveni a mají dostatečné skladovací prostory.

Jako určité negativum se může pro některé jedince při pomýšlení na spalování obilí jevit morální hledisko věci. Fakt, že zatímco spousta lidí na světě nemá co jíst a hladoví,

my si tady v poklidu spalujeme obilí, které by se jim jistě hodilo. Tento problém je těžké jednostranně rozhodnout. Každý má na tuto problematiku jistě svůj názor.

4 KOTLE NA OBILÍ

Tato kapitola byla zpracována podle literatury [1]

4.1 Obecné informace

Firem zabývajících se výrobou kotlů na spalování obilí je na našem trhu mnoho. Ať už zahraničních zavedených firem, nebo našich českých. Namátkou bych zmínil již zavedené společnosti Benekov, Guntamatic, nebo Verner.

Většinou jsou kotle konstruovány ke spalování více druhů biomasy, jako jsou obiloviny, dřevní štěpky, pelety a kůra. Existují ale i kotle určené výhradně pro spalování obilí.

Velkou výhodou těchto kotlů je jejich účinnost vyznačující se vysokou hodnotou dosahující až 90%.

4.2 Volba kotle

Při výběru kotle je třeba dbát na technologické vlastnosti tak, aby kotel co nejvíce vyhovoval daným požadavkům, pro něž je pořizován.

A to především:

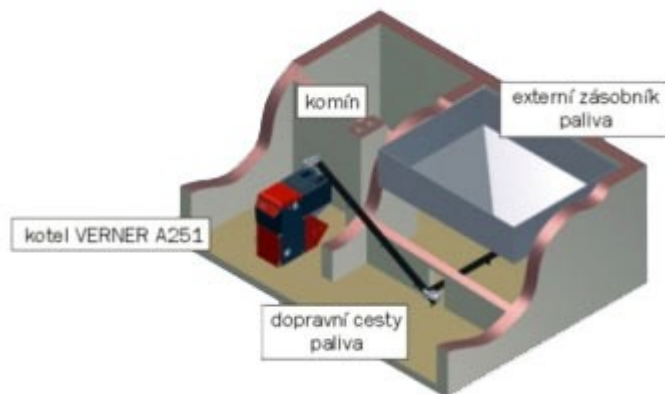
- chtít garantovat spalování pšenice při plném i redukovaném výkonu (jelikož u pšenice dochází k největším nedopalkům při spalování);
- mít zaručenou garanci životnosti roštu;
- garanci doby mezi vybíráním popela, jelikož u ovsa je popel velmi lehký a zabírá velký prostor. Vyžaduje časté vybírání, pokud není z kotle odstraňován automaticky.

Velký pozor je nutno dát i na to, že u spalování obilí je potřeba mít v kotli speciální, k tomuto účelu vyrobený hořák. Keramika obsažená v hlavě hořáku totiž musí snášet teploty do 1 800°C, aniž by se tavila, praskala nebo oxidovala. Všechna semena obilovin totiž mají přirozenou ochranu proti teplu. Proto je třeba spalovat obilí při vyšších teplotách, než jaké jsou třeba obvyklé při spalování dřeva. Teplota v hořáku v kotli na obilí tak běžně dosahuje 1 200°C.

Při rovnoměrném teple by měla keramika v hořáku bez problémů vydržet mnoho let, aniž by praskala. Předpokládaná doba výdrže je 10 až 20 let. Keramika hořáku je tepelně izolována, následkem čehož jsou teplotní změny velmi pozvolné. Nejhorší prostředí pro keramiku jsou prudké teplotní změny – rychlé ochlazení či zahřívání.

Kotle jsou plně automatické a vyžadují obsluhu průměrně 15 min denně. Zásobník paliva, který může mít kapacitu až 540 l, umožňuje bezobslužný provoz po dobu 2 až 4 dnů při rovnoměrném spalování. Popel je nutno vynášet jednou za cca 14 dní.

Další možností je připojit ke kotli šnekový přívaděč, jak je ukázáno na obrázku 2, a zajistit tak zásobování palivem přímo z externího zásobníku. Tím zcela odpadne nutnost doplňování obilí ručně.



Obrázek 2: Zásobování šnekovým dopravníkem [8]

4.3 Pořizovací náklady

Náklady na pořízení kotle nejsou nejnižší, řádově se pohybují od 70 000,- do 120 000,- Kč. Vždy přitom záleží na značce kotle jeho velikosti zásobníku a na požadovaném výkonu kotle.

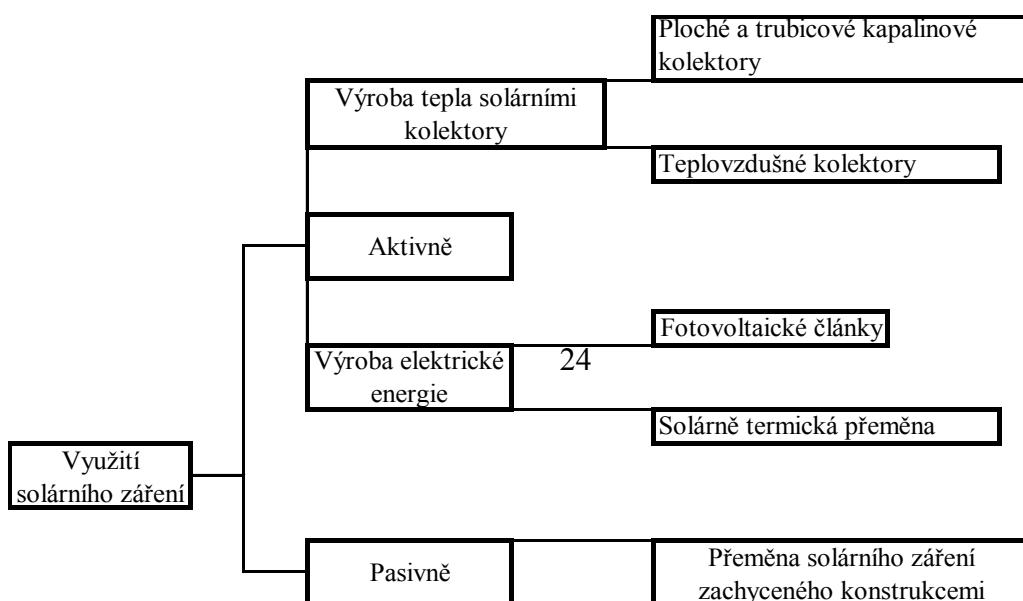
5 SOLÁRNÍ ENERGIE

Tato kapitola byla zpracována podle literatury [6], [7]

Další kapitolou teoretické části bakalářské práce je popis vzniku a využití solární energie k ohřevu teplé vody.

5.1 Možnosti využití solární energie

Sluneční záření můžeme využívat k výrobě tepla i elektřiny. Fototermální přeměna, což je přeměna světelného záření na teplo, může být pasivní (pomocí pasivních solárních prvků budov) nebo aktivní (pomocí přídavných technických zařízení). Podrobnější rozdělení možností využití je zobrazeno na obrázku 3.



5.1.1 Pasivní solární systémy

Množství získané energie závisí na poloze, architektonickém řešení a hlavně na druhu budovy, použitých materiálech i vytápěcím systému. Podmínkou využití pasivních solárních systémů je vyřešení rizika tepelné zátěže.

Podle způsobu využití sluneční energie můžeme pasivní systémy rozdělit:

- přímé (sluneční záření prochází přímo do místnosti přes zasklení);
- nepřímé (sluneční záření se do místnosti dostává formou tepelné energie vyzařované z akumulací stěny);
- hybridní.

Podle umístění v konstrukci:

- prvky umístěné v obvodových stěnách orientovaných na jih;
- střešní prvky;
- přídatné prvky.

5.1.2 Aktivní solární systémy

Od pasivních systémů se odlišují tím, že sběrné zařízení (kolektor) a zařízení pro akumulaci tepla jsou řešeny jako samostatné technické instalace. Nesouvisí s budovou a téměř vždy je možné dodatečně je instalovat do již existujících objektů. Transport

energie z kolektoru do akumulátoru probíhá prostřednictvím rozvodného systému, který je naplněn vhodným teplotonosným médiem (např. nemrznoucí solární kapalina).

S ohledem na průběh slunečního záření je možné tepelnou energii dlouhodobě akumulovat v zásobnících. Ovšem čím je doba akumulace delší, tím je systém méně ekonomický. Proto se nejčastěji používá krátkodobá akumulace. Stejně tak pružné otopné systémy, které využívají okamžitého solárního zisku.

Aktivní solární systémy lze rozdělit na dva základní použitelné způsoby:

- solární panely (sluneční kolektory) sloužící k přímému ohřevu teplé vody v rodinných domech, zemědělství, službách a k ohřevu TV v bazénech;
- fotovoltaické elektrárny používané k převodu solární energie přímo na energii elektrickou.

5.2 Základní části solárního systému

Základním zařízením k přímé přeměně sluneční energie na teplo je solární kolektor. Ten pohlcené záření přeměňuje na teplo, které je pomocí kapaliny nebo vzduchu odváděné k místu využití.

5.2.1 Konstrukce kolektoru

Solární kolektory můžeme charakterizovat a rozdělit podle různých hledisek. Podle tvaru se dělí na ploché, trubicové a koncentrační. Podle způsobu přenosu tepla rozlišujeme kolektory kapalinové, teplovzdušné a kombinované.

Nejběžnějším typem je plochý kapalinový kolektor. Jeho základními stavebními prvky jsou:

- **Absorbér:** je vyroben z měděného nebo hliníkového plechu, k jehož zadní straně jsou připájeny nebo nalisovány měděné trubice. Povrch absorbéru je upraven tak, aby pohlcoval co nejvíce záření. Levné absorbéry, dostačující pro letní období, jsou natřeny matnou černou barvou. Kvalitnější typy mají na povrchu tzv. selektivní spektrální nátěr, který pohlcuje až 96 % záření a přitom teplo jen minimálně vyzařuje. Tyto nátěry umožňují využít nejen přímé, ale i rozptýlené sluneční světlo a jsou vhodné pro celoroční využití. Získané teplo se odvádí vodou nebo nemrznoucí kapalinou proudící v trubicích.
- **Skříň:** kovová, plastová nebo dřevěná vana pro uložení absorbéru a dalších prvků. Musí být dostatečně robustní, protože slouží ke spolehlivému uchycení kolektoru na střechu nebo stěnu budovy a chrání jeho prvky před nepříznivými povětrnostními vlivy.
- **Izolace:** omezuje tepelné ztráty a brání úniku tepla z absorbéru stěnami skříně. Nejčastěji se používá tepelná izolace z minerální vlny nebo polyuretanu. Musí odolávat teplotám do 200°C a nesmí přijímat z okolního prostředí vlhkost.
- **Krycí sklo:** omezuje tepelné ztráty přední stěnou kolektoru. Viditelné světlo jím snadno prochází a v absorbéru se mění na teplo. Dlouhovlnné tepelné záření však sklo nepropouští ven. Uvnitř kolektoru vzniká skleníkový jev, při kterém se zvyšuje teplota proudící kapaliny. Používá se speciální bezpečnostní solární sklo s velkou propustností a dlouhou životností.

Solární zásobník: slouží k přípravě TV, doplňkově se ohřívá tepelnou energií z ústředního vytápění a při nedostatku sluneční energie elektřinou. Objem zásobníku musí odpovídat ploše kolektoru, aby i v létě akumuloval zachycenou energii a nedošlo k poškození systému.

Solární výměník tepla: je v zásobníku umístěn co nejnižší, nad ním je výměník okruhu ústředního vytápění a nejvýše je elektrické topné těleso. Plochy výměníku musí být navrženy a ohledem na materiál, z něhož jsou vyrobeny, na teplotu kapaliny v solárním okruhu a dále na průtok a objem zásobníku.

Přívodní potrubí: by mělo být co nejkratší s kvalitní tepelnou izolací, navržené na odpovídající požadovaný průtok, teplotu a tlak teplotnosné kapaliny v solárním okruhu.

Pro sezonní přípravu vody se jako teplotnosná kapalina používá voda. Pro celoroční provoz je nutné použít nemrznoucí směs, která má mít podobné fyzikální vlastnosti jako voda. Tomu vyhovují kapaliny na bázi roztoku vody a propylenglykolů.

5.3 Instalace kolektoru

Při instalaci kolektoru na střechu, stěnu budovy nebo na volný terén je třeba splnit několik podmínek. Konstrukce je obvykle nepohyblivá, takže je třeba při umístění kolektoru volit kompromisní řešení.

- **Konstrukce:** musí být dostatečně pevná, aby dobře odolávala různým přírodním vlivům (vítr, sníh). Kolektor by měl být co nejbližší místu spotřeby ohřáté vody, aby se co nejvíce omezily tepelné ztráty v rozvodném potrubí. Přívodní trubice musí být opatřeny dobrou tepelnou izolací.
- **Orientace kolektoru:** nejvhodnější je natočení směrem k jihu nebo jihozápadu, aby se využila největší intenzita slunečního záření kolem poledne.
- **Sklon kolektoru:** ideální by bylo, kdyby na plochu absorberu dopadalo záření stále kolmo. Výška Slunce nad obzorem se však mění nejen během dne, ale i v průběhu roku. V létě je Slunce nad obzorem výš než v zimě. V létě by byl vhodný sklon kolektoru 30° od vodorovné roviny, v zimě kolem 60° . Obvykle se jako kompromis volí sklon v rozmezí 35° - 45° .

5.4 Přehled zařízení

5.4.1 Podle způsobu oběhu teplotnosné kapaliny

- **Solární systém se samotížným oběhem:** k oběhu teplotnosné kapaliny využívají gravitace mezi kolektorem a zásobníkem. Kapalína v systému proudí díky

rozdílu hustoty mezi ochlazenou a ohřátou teplotonosnou kapalinou. Proto je nutno solární zásobník umístit výše než kolektory. Výhodou jsou nižší pořizovací náklady, jednoduchost, nezávislost na vnějším zdroji energie i vyšší spolehlivost. Nevýhodou je horší regulace průtoku kapaliny kolektorem. Systém samotížného oběhu se používá u jednoduchých malých solárních systémů určených hlavně k sezonnímu ohřevu TV.

- **Solární systémy s nuceným oběhem:** využívají k oběhu teplotonosné kapaliny oběhové čerpadlo. Výhoda je v přesné regulaci průtoku teplotonosné kapaliny kolektorem, která umožňuje vyšší účinnost přenosu tepla. Nevýhodou jsou vyšší pořizovací náklady, větší složitost a závislost na vnějším zdroji energie.

5.4.2 Podle počtu okruhů

- **Jednookruhové systémy:** přímo ohřívají vodu bez výměníků tepla. Výhodami jsou vysoká účinnost přenosu tepla, nižší pořizovací náklady, jednoduchost. Nevýhodou je možnost použití pouze pro sezónní provoz (bazény). Propojení okruhu spotřeby a výroby tepla komplikuje návrh zejména složitějších systémů.
- **Dvouokruhové systémy:** pracují s výměníkem tepla a dvěma nezávislými okruhy. První okruh rozvádí ohřátou teplotonosnou kapalinu od kolektorů do výměníku tepla. Druhý přebírá teplo z výměníku a vede jej do místa spotřeby. Výhodou je celoroční provoz. Mezi nevýhody patří horší účinnost v důsledku ztrát ve výměníku tepla, vyšší pořizovací náklady a složitost.

6 PRAKTICKÉ POSOUZENÍ VYUŽITÍ ALTERNATIVNÍCH ZDROJŮ ENERGIE PRO ZÁSOBOVÁNÍ VÝROBNÍ BUDOVY ZEMĚDĚLSKÉHO DRUŽSTVA

6.1 Úvodem

V této praktické části mé bakalářské práce budu mít snahu porovnat současný způsob vytápění a ohřevu teplé vody zemním plynem, s mým navrhovaným alternativním způsobem pro získání energie budovy zemědělského družstva. Pro potřeby vytápění jsem zvolil biomasu z vlastní produkce družstva, pro ohřev teplé vody solární energii. Jednotlivé návrhy mezi sebou ekonomicky porovnám.

6.2 Popis zemědělského družstva

Zemědělské družstvo se po roce 1989 osamostatnilo a přeměnilo na akciovou společnost. Původně se věnovalo i živočišné výrobě (pěstování skotu a prasat), nyní ovšem z ekonomických důvodů provozuje pouze rostlinnou výrobu a to pěstování obilovin. Hlavními pěstovanými plodinami jsou pšenice a ječmen.

Celková výměra oseté plochy pšenicí je 250 ha, ječmene je 110 ha.

Při každoroční sklizni družstvo vyprodukuje přibližně:

- pšenice – při předpokládaném výnosu 6 t/ha => 1 500 t zrna pšenice
- ječmen – při předpokládaném výnosu 4,5 t/ha => 495 t zrna ječmene.

V tabulce 6 je vypočten celkový zisk z obou zmíněných druhů obilí při daném předpokládaném výnosu.

druh	výkupní cena (Kč/t)	zisk (Kč)
pšenice	3 200	4 800 000
ječmen	2 800	1 386 000

Tabulka 6: Výkupní ceny obilí

6.3 Popis zkoumaného objektu

6.3.1 Základní informace

Název budovy: Výrobní opravárenská hala postavená v areálu zemědělského družstva Bezuchovská a.s.

Umístění: Bezuchovská a.s., Bezuchov 33, kraj Olomoucký

Jedná se o výrobní a opravárenskou halu pro zaměstnance družstva. Hala slouží k aktuálním potřebám zaměstnanců na udržování a opravy svých zemědělských zařízení. Objekt je napojen na elektrickou a vodovodní síť procházející v okolí stavby. Hala je využívána po dobu celého roku. V budově je po celý rok zaměstnáno 6 pracovníků.

6.3.2 Urbanistické řešení

Jedná se o samostatně stojící objekt bez podsklepení. Celá budova je postavena z pálených cihel tloušťky 45 cm. Na východní straně budovy jsou umístěny 3 dvojité dřevěná okna a vstupní železná vrata. Na severní a jižní straně jsou 2 dvojité dřevěná okna. Hala je postavena bez půdní nástavby. Střecha je plechová se sklonem 30°. Celková zastavěná plocha je 200 m².

Objekt není nijak výrazně zateplen. Na obvodovém zdivu je pouze vrstva omítky. Podlaha je pokryta 5 cm izolací. Plechová střecha je podbita 10 cm tepelné izolace.



***Obrázek 4:** Výrobní hala – pohled ze dvora*



***Obrázek 5:** Výrobní hala – čelní pohled*

6.4 Potřeba tepla

Hala je po dobu roku vytápěna během otopné sezony, která trvá 252 dnů. Teplota uvnitř haly je řízena termostatem a je nastavena na 14°C. Tepelnou ztrátu objektu jsem vypočítal (pomocí programu na tzb-info.cz) 28,5 kW.

Potřeba tepla pro vytápění a ohřev teplé vody v objektu je vypočítána z tepelných ztrát objektu a ze známých hodnot. Pomocí tzb-info.cz jsem potřebu tepla vypočetl jako:

$$Q_r = Q_{VYT,r} + Q_{TUV,r} = 169,9 + 39 = 208,9 \text{ GJ/rok} \quad (7.1)$$

kde: $Q_{VYT,r}$...potřeba tepla k vytápění [GJ]

$Q_{TUV,r}$... potřeba tepla k ohřevu teplé vody [GJ]

Potřeba tepla 208,9 GJ/rok = 58 MWh/rok

Při vytápění zemním plynem to znamená objem odebraného zemního plynu 5 498 m³ ročně.

6.5 Porovnání vytápění

6.5.1 Nynější vytápění objektu

V současné době je objekt vytápěn stacionárním litinovým plynovým kotlem Dakon-GL40 EKO.



Obrázek 6: Kotel Dakon-GL40 EKO [9]

Technické údaje:

• palivo	zemní plyn
• jmenovitý výkon	40 kW
• účinnost	89 – 92 %
• spotřeba zemního plynu	4,5 m ³ /rok
• průměr kouřovodu	150 mm
• teplota spalin	137 °C
• hmotnostní tok spalin	35,26 g/sec
• objem vody v kotli	16 dm ³
• tlaková ztráta kotle	95 mbar

Cena jednoho kotle je stanovena na 21 800,- Kč .

6.5.2 Navrhované vytápění

Po zvážení dostupných materiálů a známých hodnot jsem navrhl kotel určený ke spalování obilí VERNER A501 s automatickým zapalováním.



Obrázek 7: Kotel VERNER A501 [9]

Technické údaje:

• Palivo	obilí (pšenice, ječmen)
• Jmenovitý výkon	48 kW
• Účinnost	92,7 %
• Spotřeba paliva	12 – 14 kg/hod
• Průměr kouřovodu	160 mm
• Teplota spalin	160 °C
• Hmotnostní tok spalin	32 g/sec
• Objem vodní náplně	95 l
• Objem násypky	240 l
• Objem popelníku	20 l

Cena jednoho kotle je stanovena na 174 000,- Kč.

Pro přívod spalovaného obilí se použije šnekový dopravník, tím odpadá nutnost koupi zásobníku a jeho následné doplňování.

6.6 Ekonomické porovnání

6.6.1 Nynější vytápění

Vypočítaná potřeba tepla objektu je 208,9 GJ/rok, což znamená 58 MWh/rok. Při stanovené ceně 1,27,- Kč/KWh společnosti RWE Energie a.s. zaplatilo družstvo 73 660,- Kč za rok.

6.6.2 Navrhované vytápění

Při potřebě 208,9 GJ/rok a výhřevnosti pšenice 14,1 MJ/kg je k zajištění stanoveného tepla potřeba 14,82 tun pšenice ročně.

U ječmene je při výhřevnosti 14,5 MJ/kg potřeba k zajištění stanoveného tepla 14,4 tun této obiloviny ročně.

Jedná se o obiloviny z vlastní produkce, které družstvo vypěstuje. Množství sklizených plodin je každý rok konstantní bez ohledu na jejich použití či prodej. Během skladování se cca 1/10 úrody znehodnotí ať už z důvodu plísně, nebo napadení škůdci. Toto množství se pak musí prodávat jako krmné obiloviny za cenu:

- pšenice krmná 3 000,- Kč
- ječmen krmný 2 500,- Kč

druh	množství	cena	celková cena
	[t]	[Kč / t]	[Kč]
pšenice	14,82	3 000	44 460
ječmen	14,40	2 500	36 000

Tabulka 7: Cena krmné obiloviny

Tabulka 7 označuje, kolik peněz by družstvo získalo, kdyby obilí určené k vytápění prodalo jako krmnou směs.

Pokud ovšem družstvo bude používat obilí k vlastnímu vytápění, ušetří ročně finanční náklady, které jsou zobrazeny v tabulce 8.

druh	náklady na vytápění zemním plynem	náklady na vytápění obilím	rozdílová částka
	[Kč / rok]	[Kč / rok]	[Kč / rok]
pšenice	73 660	44 460	29 200
ječmen	73 660	36 000	37 660

Tabulka 8: Ušetřené finanční náklady

6.7 Návratnost

Cena kotlů spalujících obilí není zatím v současné době nejnižší. Můj navrhovaný kotel VERNER A501 stojí na trhu 174 000,- Kč. Provozní náklady jsou vzhledem k ceně kotle zanedbatelné. Při výpočtu neuvažuji o možnosti získání dotací SFŽP, jelikož v současné době jsou stejně pozastaveny.

Výpočet návratnosti financí vložených do technologie pro vytápění obilí:

Finanční náklady vložené do navrhovaného druhu topení 174 000,- Kč

Ušetřené finanční náklady při vytápění obilím: pšenice 29 200,- Kč

ječmen 37 660,- Kč

Návratnost tedy při topení pšenicí : $174\,000 / 29\,200 = 6$ let

ječmenem : $174\,000 / 37\,660 = 4$ roky 7 měsíců

Po uplynutí této doby se náklady vložené na vytápění vrátí a družstvo bude moci topit s každoroční úsporou.

7 NÁVRH SOLÁRNÍCH PANELŮ PRO OHŘEV TEPLÉ UŽITKOVÉ VODY

7.1 Vstupní údaje

Teplá voda je v objektu je celoročně ohřívána z teploty 8 °C na 60 °C.

Spotřeba TUV: 100 l teplé vody/den.

Počet osob zaměstnaných v budově : 6

K ohřevu TUV je používán plynový ohříváč John Wood 302SNA

7.1.1 Nynější zařízení pro ohřev TUV

V současné době je objekt ohříván plynovým ohříváčem John Wood 302SNA

Technické údaje:

• Objem nádoby bojleru	115 l
• Účinnost	88 %
• Příkon	8,5 KW
• Spotřeba zemního plynu	0,82 m ³ /hod
• Doba ohřevu o 50 °C	68 min
• Hmotnost	49 kg

Cena jednoho plynového ohříváče je 12 500,- Kč.

7.2 Navrhovaný způsob ohřevu TUV

Jako náhradní ohřev TUV jsem zvolil ohřev pomocí solárních panelů umístěných na střeše objektu směrem na jih sklopených pod úhlem 45°.

7.3 Výpočty určené k potřebě tepla

7.3.1 Určení hmotnosti vody pro měsíční spotřebu šesti osob

$$m_d = n \cdot p_o \cdot 30 \text{ dní} \quad [\text{kg}] \quad (7.1)$$

m- objem potřebné vody

p_o – počet osob

$$m_d = 100 \cdot 6 \cdot 30 = 8000 \text{ kg}$$

7.3.2 Výpočet měsíčních potřeb tepla pro přípravu TV

$$\dot{Q}_{TV, \text{teor}} = m_d \cdot c_{H_2O} \cdot \Delta t \quad [\text{kJ}] \quad (7.2)$$

m_d - hmotnost vody pro měsíční spotřebu

c_{H₂O} – měrná kapacita vody

Δt – rozdíl teplot

$$\dot{Q}_{TV, \text{teor}} = 8000 \cdot 4,2 \cdot 60 = 1931200 \text{ kJ}$$

7.3.3 Do výpočtu zahrnujeme ztráty při přípravě TV 15 % => η = 0,85

$$\dot{Q}_{TV, \text{skut}} = \frac{\dot{Q}_{TV, \text{teor}}}{\eta} \quad [\text{kJ}] \quad (7.3)$$

$\dot{Q}_{TV, \text{teor}}$ - teoretická měsíční potřeba tepla

η - účinnost

$$\dot{Q}_{TV, \text{skut}} = \frac{1931200}{0,85} = 2272000 \text{ kJ}$$

7.3.4 Stanovení množství skutečného slunečního záření dopadajícího na plochu dané orientace

$$Q_{skut} = \tau_{rel} \cdot Q_{teor} \cdot p_d \quad [kW \cdot h \cdot m^{-2}] \quad (7.4)$$

p_d - počet dní

τ_{rel} - relativní doba slunečního svitu

Q_{teor} - teoreticky možná energie dopadající za den na skloněnou plochu 45°

$$Q_{skut1} = 1,27 \cdot 3,4 \cdot 31 = 13,458 kW \cdot h \cdot m^{-2}$$

Výpočet je proveden pro první měsíc. Pro zbývající měsíce roku jsou hodnoty uvedeny v tabulce 9.

Měsíc	$Q_{skut} \quad [kW \cdot h \cdot m^{-2}]$
I.	28,458
II.	41,664
III.	62,31
IV.	89,466
V.	137,245
VI.	130,14
VII.	160,611
VIII.	137,423
IX.	86,43
X.	58,429
XI.	19,38
XII.	15,066

Tabulka 9: Vypočtená Q_{skut} v jednotlivých měsících

7.4 Volba typu kolektoru

Jako nejvhodnější jsem vybral kolektor Viessmann Vitosol 200-F Typ 5DI. Jedná se o velkoplošný plochý kolektor.

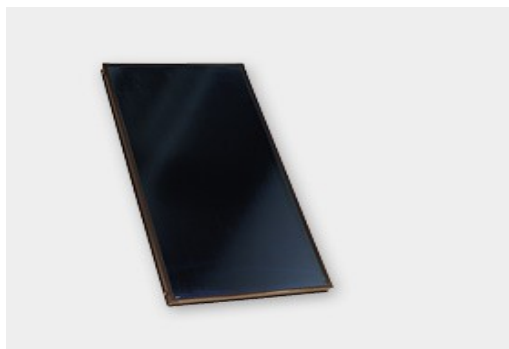
7.4.1 Popis kolektoru

Hlavní součástí je měděný absorbér, který absorbuje sluneční záření. Na absorbéru je nainstalovaná měděná trubka, kterou proudí teplotnosné médium. Absorbér je obklopen tepelně izolovaným kolektorovým pláštěm, čímž se minimalizují ztráty tepla kolektoru. Kolektor je zakryt solárním sklem. Na zadní straně kolektoru se nachází tepelně izolované výstupní a vratné potrubí. Dále je zde čidlo teploty kolektoru.

Technické údaje:

- Celková plocha 5,25 m²
- Plocha absorbéru 4,76 m²
- Rozměry šířka 2570 mm
výška 2040 mm
- Hmotnost 45 kg
- Obsah kapaliny 4,2 l
- Okamžitá účinnost na plochu apertury / absorbéru
 η_0 0,809 / 0.836
 a_1 4.03 / 4.16 [W/m²]
 a_2 0,0071 / 0,0073 [W/m²]

Cena jednoho kolektoru je 24 000,- Kč



obrázek 8: kolektor viessmann Vitosol 200-F [8]

7.5 Stanovení průměrné účinnosti kolektoru v jednotlivých měsících

7.5.1 Výpočet součinitele A

$$t_k = \frac{60 + 8}{2} = 34^\circ \text{C}$$

$$A = \frac{t_k - t_o}{I_{stř}} = \frac{t_k - t_o}{\frac{Q_{teor}}{\tau_{teor}}} \quad [K \cdot m^2 \cdot W^{-1}] \quad (7.5)$$

t_k - teplota kolektoru (střední teplota)

t_o - střední teplota v době slunečního svitu v prvním měsíci

τ_{teor} - teoretická doba slunečního svitu

$$A = \frac{34 - 1,78}{\frac{3400}{8,26}} = 0,0807 K \cdot m^2 \cdot W^{-1}$$

Hodnota součinitele A je vypočítána pro první měsíc a v tabulce 10 jsou uvedeny hodnoty pro zbývající měsíce v roce.

Měsíc	Součinitel A [$K \cdot m^2 \cdot W^{-1}$]
I.	0,0807
II.	0,06908
III.	0,05201
IV.	0,04407
V.	0,03403
VI.	0,02912
VII.	0,0244
VIII.	0,02569
IX.	0,03642
X.	0,05264
XI.	0,07365
XII.	0,09799

Tabulka 10: Vypočtené součinitele A v jednotlivých měsících

7.5.2 Stanovení účinnosti kolektoru

$$\eta = \eta_0 - a_1 \cdot A - a_2 \cdot A^2 \cdot I_{stř} = \eta_0 - a_1 \cdot A - a_2 \cdot A^2 \cdot \frac{Q_{teor}}{\tau_{zpr}} =$$

$$= \eta_0 - a_1 \cdot \left(\frac{t_k - t_o}{I} \right) - a_2 \cdot \left(\frac{t_k - t_o}{I} \right)^2 \cdot \frac{Q_{teor}}{\tau_{zpr}} \quad [\%] \quad (7.7)$$

$$\eta = 0,836 - 0,16 \cdot 0,0807 - 0,0073 \cdot 0,0807^2 \cdot \frac{3400}{8,26} = 0,48$$

η_0 – účinnost - odečtená z technického listu

a_1 – konstanta zvoleného kolektoru - odečtená z technického listu

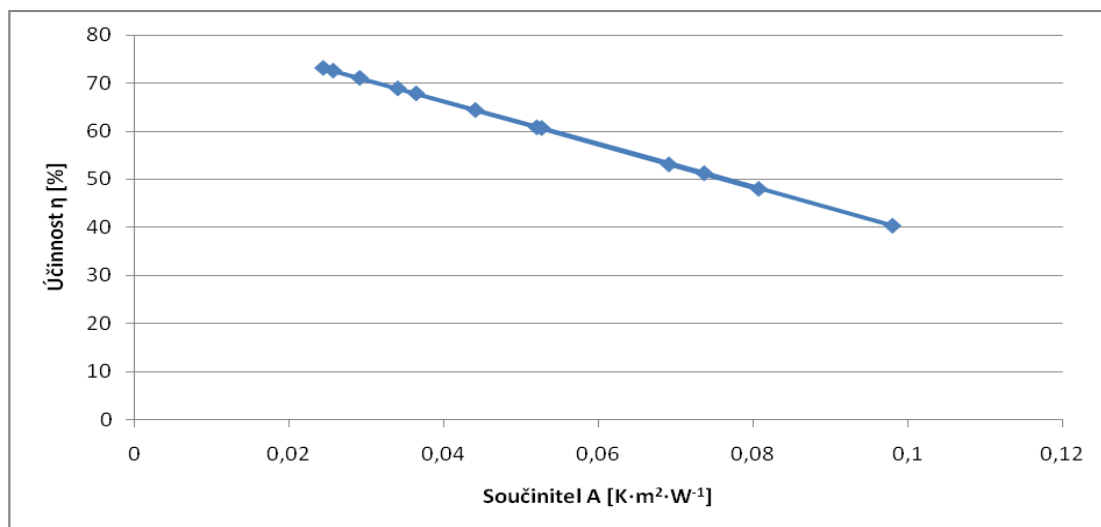
a_2 – konstanta zvoleného kolektoru - odečtená z technického listu

Účinnost kolektoru je tedy 48% v prvním měsíci. Hodnoty účinnosti kolektoru v jednotlivých měsících jsou pak přehledně zobrazeny v tabulce 11.

Měsíc	Účinnost η
I.	0,480695
II.	0,531529
III.	0,608604
IV.	0,644403
V.	0,689348
VI.	0,711207
VII.	0,731888
VIII.	0,72631
IX.	0,679043
X.	0,607102
XI.	0,513272
XII.	0,40422

Tabulka 11: Vypočtené účinnosti v jednotlivých měsících

V tabulce 11 je zobrazen graf závislosti účinnosti η na součiniteli A. Na obrázku 9 je tedy možno vidět, jak s klesající účinností (v %) narůstá hodnota součinitele A, což je průměrná účinnost kolektoru.



Obrázek 9: Charakteristika kolektoru Viessmann

7.6 Stanovení měrného tepelného zisku kolektoru

$$Q_k = \eta \cdot Q_{skut} \quad [kW \cdot h \cdot m^{-2}] \quad (7.8)$$

η – účinnost kolektoru

Q_{skut} - množství skutečného slunečního záření dopadajícího na solární panel

$$Q_k = 0,480695 \cdot 28,458 = 3,67963 kW \cdot h \cdot m^{-2}$$

Měrný tepelný zisk je zde stanoven pro první měsíc. Hodnoty pro následující měsíce jsou vypočítány v tabulce 12.

<i>Měsíc</i>	Q_k [kW·h·m ⁻²]
I.	13,67963
II.	22,14561
III.	37,92213
IV.	57,65214
V.	94,61262
VI.	92,55645
VII.	117,5493
VIII.	99,81164
IX.	58,68966
X.	35,47224
XI.	9,947208
XII.	6,089973

Tabulka 12: Vypočtené Q_k v jednotlivých měsících

7.7 Návrh měsíce s rovnovážnou energetickou bilancí

Jako měsíc s rovnovážnou energetickou bilancí volím duben.

7.8 Návrh počtu m² kolektorové plochy

Plochu spočteme pomocí poměru potřebného tepla v kWh ku měrnému tepelnému zisku kolektoru v měsíci dubnu.

$$S = \frac{Q_m}{Q_k} \quad [m^2] \quad (7,9)$$

Q_m - měsíční potřeba tepla pro přípravu TV

Q_k - měrný tepelný zisk kolektoru v měsíci s rovnovážnou energetickou bilancí

$$S = \frac{1284,7}{57,65} = 22,28 \text{ m}^2$$

$$Q_m = \frac{\dot{Q}_{TV,skut}}{3,6} \quad [\text{kWh}] \quad (7.10)$$

$$Q_m = \frac{4624,941 \text{ MJ}}{3,6} = 284,7 \text{ kWh}$$

7.8.1 Návrh počtu kolektorů

$$\text{Návrh počtu kolektorů: } n = \frac{S}{S_{1k}} = \frac{22,28}{4,763} = \underline{\underline{5 \text{ ks}}}$$

S - počet m² kolektorové plochy

S_{panel} - počet m² absorpční plochy jednoho kolektoru

=> volím **5 ks** kolektorů Viessmann Vitosol 200-F Typ 5DI

Přepočet m² kolektorové plochy:

$$S' = n \cdot S_{panel} = 5 \cdot 4,763 = \underline{\underline{23,81 \text{ m}^2}}$$

7.9 Určení energetické bilance pro jednotlivé měsíce

$$Q = \eta_k \cdot S' = 13,67963 \cdot 23,81 = \underline{\underline{325,8 \text{ kWh}}}$$

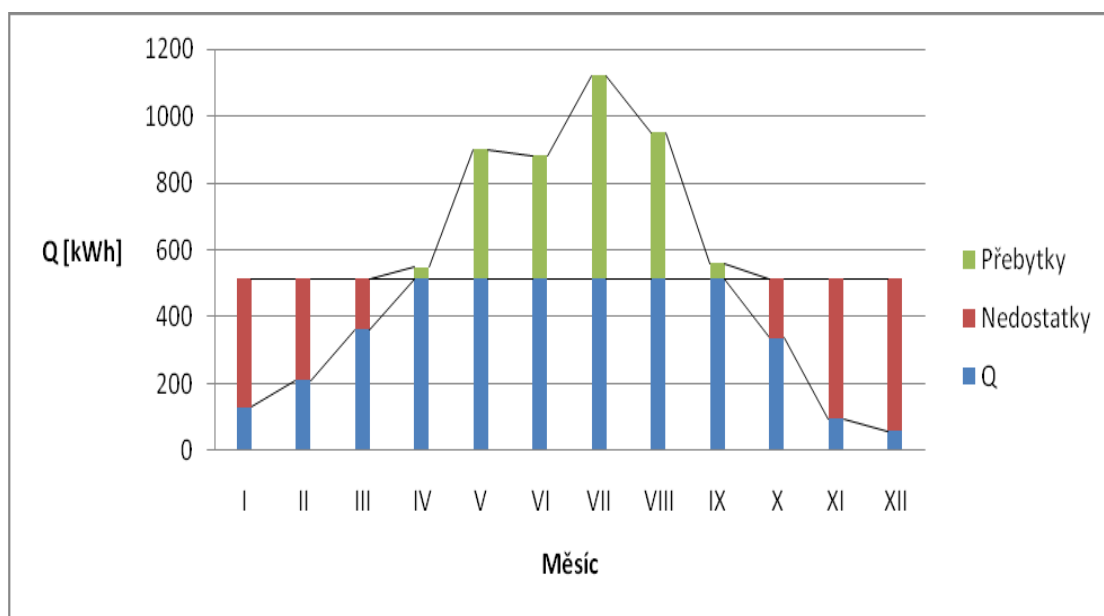
Q_k - měrný tepelný zisk kolektoru v prvním měsíci

S' - přepočtená plocha v m²

<i>Měsíc</i>	<i>Q [kWh]</i>	<i>Přebytek [kWh]</i>	<i>Nedostatek [kWh]</i>
I.	326	x	959
II.	527	x	757
III.	903	x	381
IV.	1373	88	x
V.	2253	968	x
VI.	2204	919	x
VII.	2799	1514	x
VIII.	2377	1092	x
IX.	1397	112	x
X.	844	x	439
XI.	236	x	1047
XII.	145	x	455

Tabulka 13: Energetická bilance pro jednotlivé měsíce

Na obrázku 10 je vidět graf sestavený z energetických bilancí pro jednotlivé měsíce.



Obrázek 10: Energetické bilance v jednotlivých měsících

7.9.1 Stanovení skutečného celoročního zisku solárního systému (přebytky nejsou využívány)

$$Q_{skut} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + 6 \cdot 12487 + Q_{10} + Q_{11} + Q_{12} \text{ [kWh]} \quad (7.11)$$

$Q_1, Q_2 \dots Q_{12}$ – skutečné tepelné zisky v jednotlivých měsících

$$Q_{skut} = 11530,2 \text{ kWh}$$

7.9.2 Výpočet měrného celoročního zisku solárního systému vztaheno na 1 m² plochy kolektoru

$$\dot{Q}_{skut} = \frac{Q_{skut}}{S'} \quad (7.12)$$

Q_{skut} - skutečný celoroční zisk solárního systému

S' - přepočtená plocha v m²

$$\dot{Q}_{skut} = \frac{11530,2}{23,815} = 484,2 \text{ kWh} \cdot \text{m}^{-2}$$

8 ZÁVĚR

V úvodu práce bylo hlavním cílem zvoleno ekonomické a environmentální porovnání vytápění a ohřevu teplé užitkové vody v budově zemědělského družstva společně s navrhovaným alternativním řešením. Tímto řešením se pro mě stalo využívání biomasy z vlastní produkce družstva pro vytápění vybraného objektu a zároveň jsem zvolil k ohřevu teplé vody ohřívání pomocí solární energie.

Konkrétním objektem se pro mě stala výrobní hala zemědělského družstva Bezuchovská a.s. Pro správné provedení jsem docházel do již zmíněného družstva a získával tak potřebné informace a materiály k postupnému zpracovávání a řešení mé práce.

V teoretické části této práce jsem se zaměřil na rozdělení a přehled vybraných druhů biomasy. Popsal jsem zde základní druhy tohoto obnovitelného zdroje a eventualitu jejich použití. Vzhledem ke svému zadání jsem se zaměřil především na obilniny a jejich možnost využití za účelem vytápění. Dále jsem vysvětlil základní vlastnosti a rozdělení solárních systémů i s jejich následným využitím. Podrobně jsem popsal solární kolektory pro přípravu teplé vody, jež mají v mé práci nezastupitelné místo.

V praktické části jsem pak následně řešil vytýčené cíle u vybrané budovy zemědělského družstva. Mým hlavním úkolem bylo porovnat současný způsob vytápění budovy zemním plynem s navrhovaným alternativním způsobem vytápění pšenicí a ječmenem. Zjišťoval jsem, zda se vynaložené náklady družstva na potřebu tepla, jež jsem vypočítal jako 208,9 GJ a které činí 73 660,- Kč/rok, sníží nebo zvýší při zavedení navrhované alternativy – tedy vytápění obilím. Jelikož by družstvo topilo obilím z vlastní produkce, které by sice dále neprodávalo, ale využívalo pouze k účelům topení, jeví se tato možnost stále jako ekonomicky výhodná. Ať už při topení pšenicí, kde by roční úspora činila 29 200,- Kč, nebo ječmenem s úsporou 37 660,- Kč. K této činnosti jsem zároveň vybral vhodný kotel. Z vypočtených hodnot jsem u něj stanovil návratnost vložených finančních nákladů, přičemž maximální doba pro nepříznivější obilninu činí 6 let.

Ve druhé části praktického řešení jsem navrhoval vhodný typ solárního ohřevu teplé užitkové vody, který nahradí stávající ohřev pomocí plynového ohřívače. Vybral jsem kolektor Viessmann Vitosol 200-F a následně stanovil jeho účinnost na 48%. Na základě zjištěné energetické bilance pro jednotlivé měsíce jsem vypočítal skutečný celoroční zisk solárního systému $Q_{\text{skut}} = 11\,530,2 \text{ KWh}$. Na základě tohoto údaje jsem byl schopen zvolit 5 kusů kolektorů potřebných k zajištění požadovaného množství teplé vody a celkovou finanční částku vloženou do nákupu těchto kolektorů tak stanovit na 120 000,- Kč.

Po aplikování těchto navrhovaných řešení jsem zjistil, že obě alternativy by pro zemědělské družstvo byly příznivé jak z environmentálního hlediska, tak i z důvodu ušetřených nákladů jednak na vytápění za pomoci obilí jednak i na ohřev teplé vody pomocí solárních panelů. Musím však brát v úvahu i další okolní aspekty jako je např. věkové složení zaměstnanců atd. V družstvu pracují stálí zaměstnanci, jejichž průměrný věk přesahuje 50 let. Troufám si říct, že právě z tohoto důvodu by možná zavedení navrhovaných alternativ nebylo nejvhodnější kvůli nutnosti učení se nových poznatků či využívání nových technologií spojených s případnou neochotou pracovníků a z toho plynoucí možné vyšší náklady spojené s nezbytným proškolením těchto pracovníků.

POĎEKOVÁNÍ

Děkuji vedoucímu bakalářské práce ing. Jiřímu Nezhodovi za pedagogickou a odbornou pomoc při zpracování mé bakalářské práce. Dále děkuji řediteli firmy Bezuchovská a.s. panu Vladimíru Klvaňovi za poskytnuté materiály pro mou bakalářskou práci.

V Ostravě dne 21. 5. 2011

.....

(podpis autora)

9 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] BERANOVSKÝ, J., TRUXA, J. a kol. *Alternativní energie pro váš dům*. 2. aktualizované vydání. Brno: Vydavatelství ERA, 2004. 138 s. ISBN 80-86517-89-6.
- [2] PASTOREK, Z., KÁRA, J., JEVIČ, P. *Biomasa obnovitelný zdroj energie*. Praha: Vydavatelství FCC PUBLIC s.r.o., 2004. 288 s. ISBN 80-86534-06-5.
- [3] MURTINGER, K., BERANOVSKÝ, J. *Energie z biomasy*. 1. vydání. Brno: Vydavatelství Computer Press, a.s., 2011. 110 s. ISBN 978-80-251-2916-6.
- [4] MALAŤÁK, J., VACULÍK, P. *Biomasa pro výrobu energie*. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2008. 206 s. ISBN 978-80-213-1810-6.
- [5] OCHODEK, T. *Možnosti energetického využití biomasy*. Ostrava: VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2005. 175 s. ISBN 80-248-0834-X.
- [6] *Pasivní solární systémy*. FAST VUT v Brně. 2004 [online 23. 4. 2011, 21:00 hod.]. Dostupné na < www.fce.vutbr.cz >.
- [7] *Aktivní solární systémy*. FAST VUT v Brně. 2004 [online 23. 4. 2011, 21:00 hod.]. Dostupné na < www.fce.vutbr.cz >.
- [8] *EkoWATT*. 2008 [online 12. 5. 2011, 13:00 hod.]. Dostupné na < www.ekowatt.cz >.
- [9] *Solární energie*. ČEZ, a.s. 2011 [online 15. 5. 2011, 20:00 hod.]. Dostupné na < www.cez.cz >.
- [10] *Obnovitelné energie*. SVT – David Lacina. 2011 [online 13. 5. 2011, 11:00 hod.]. Dostupné na < www.obnovitelne-energie.cz >.